



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 196 50 900 A 1**

(51) Int. Cl. 6:  
**F 01 L 9/00**  
F 02 M 51/06  
F 16 K 31/00  
H 01 L 41/083

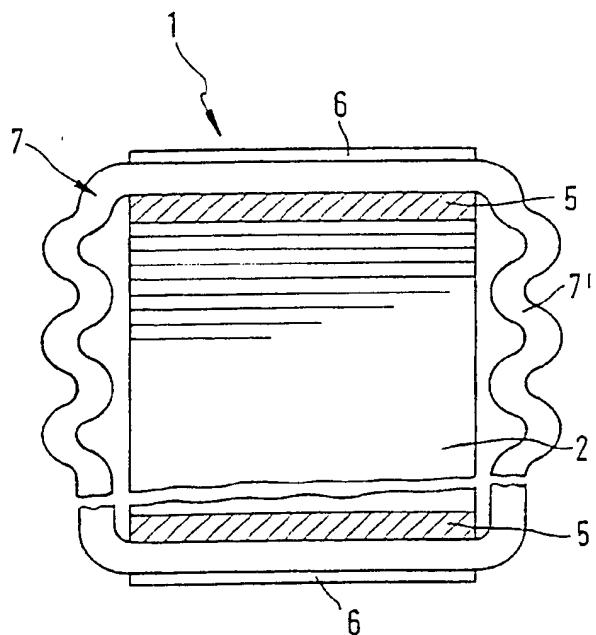
(21) Aktenzeichen: 196 50 900.9  
(22) Anmeldetag: 7. 12. 96  
(43) Offenlegungstag: 10. 6. 98

(71) Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:  
Heinz, Rudolf, Dr., 71272 Renningen, DE; Kienzler,  
Dieter, 71229 Leonberg, DE; Potschin, Roger, 74336  
Brackenheim, DE; Schmoll, Klaus-Peter, Dr., 74251  
Lehrensteinsfeld, DE; Boecking, Friedrich, 70499  
Stuttgart, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- (54) Piezoelektrischer Aktuator  
(57) Ein beispielsweise zur Betätigung von Einspritzventilen an Verbrennungsmotoren in Kraftfahrzeugen vorgesehener piezoelektrischer Aktuator wird gegen zerstörerische Zugspannungen geschützt, indem für den piezoelektrischen Körper des Aktuators federnde Vorspannelemente vorgesehen sind, die den piezoelektrischen Körper unter Druckvorspannung setzen.



196 50 900 A 1

DE 196 50 900 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem piezoelektrischen Aktuator mit einem piezoelektrischen Körper, insbesondere in Form eines vielschichtigen Laminates mit aufeinander geschichteten Lagen aus piezoelektrischem bzw. piezokeramischem Material und zwischengeschalteten metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden dienenden Schichten, wobei der Körper bei pulsierender elektrischer Belastung seiner Elektroden analog pulsierende Hube unter Änderung des Abstandes zwischen zwei voneinander abgewandten Stirnseiten des Körpers ausführt.

Piezoelektrische Aktuatoren sind allgemein bekannt und können im Falle von Kraftfahrzeugen, z. B. für Einspritzventile des Motors sowie in Bremsystemen mit Antiblockiersystem (ABS) und Antischlupfregelungen (ASR) eingesetzt werden.

Hinsichtlich der Betätigung von Einspritzventilen durch solche Aktuatoren kann auf die GB 13 200 57 A verwiesen werden:

Derartige Einspritzventile besitzen eine durch ein stoßelartiges Verschlußorgan gesteuerte Einspritzdüse. Am Stoßel ist eine düsenseitige Wirkfläche angeordnet, die vom Druck des der Düse zugetriebenen Kraftstoffes beanschlagt wird, wobei die Druckkräfte den Stoßel in Öffnungsrichtung des Verschlußorgans zu drängen suchen. Der Stoßel regt mit einem plungerartigen Ende, dessen Querschnitt größer ist als die vorgenannte Wirkfläche, in eine Steuerkammer hinein. Der dort wirksame Druck sucht den Stoßel in Schließrichtung des Verschlußorgans zu bewegen. Die Steuerkammer ist über eine Eingangsdrossel mit der unter hohem Druck stehenden Kraftstoffzuluhr und über ein in der Regel gedrosseltes bzw. mit einer Ausgangsdrossel kombiniertes Auslaßventil mit einer nur geringen Druck aufweisenden Kraftstoffrückführleitung verbunden. Bei geschlossenem Auslaßventil steht in der Steuerkammer ein hoher Druck an, durch den der Stoßel gegen den Druck an seiner düsenseitigen Wirkfläche in Schließrichtung des Verschlußorgans bewegt bzw. in Verschlußstellung gehalten wird. Beim Öffnen des Auslaßventiles fällt der Druck in der Steuerkammer ab, wobei das Maß des Druckabfalls durch die Bemessung der Eingangsdrossel und des Drosselwiderstandes des geöffneten Ausgangsventiles bzw. der damit kombinierten Ausgangsdrossel bestimmt wird. Im Ergebnis vermindert sich der Druck in der Steuerkammer bei geöffnetem Auslaßventil derart, daß der Stoßel aufgrund der an seiner düsenseitigen Wirkfläche wirksamen Druckkräfte in Öffnungsrichtung des Verschlußorgans bewegt bzw. in Öffnungstellung gehalten wird.

Das genannte Auslaßventil kann mittels eines piezoelektrischen Aktuators betätigt werden, wobei im Vergleich zur Hubbewegung des Verschlußorgans der Einspritzdüse geringe Hube ausreichen.

## Vorteile der Erfindung

Piezoelektrische Aktuatoren haben sich als zuverlässige Stell- und Antriebsorgane erwiesen. Allerdings muß beim Einsatz bzw. bei der Anordnung der piezoelektrischen Aktuatoren berücksichtigt werden, daß die piezoelektrischen Körper, welche in Multilayer-Technik als vielschichtige Lamine ausgebildet sind, nicht bzw. nur geringfügig auf Zug belastet werden dürfen. Dadurch kann die Konstruktion piezoelektrisch betätigter Aggregate erschwert werden.

sehen ist, daß der piezoelektrische Körper eine die Stirnflächen unter Druckvorspannung des piezoelektrischen Körpers gegeneinander verspannende elastische Umspannung aufweist.

Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, den piezoelektrischen Körper des Aktuators durch an ihm angeordnete bzw. gehaltene Vorspannelemente entgegen der Richtung der gewünschten Zugbeanspruchung auf Druck elastisch vorzuspannen und damit ständig auf Druck zu beladen, wobei der piezoelektrische Körper bei Belastung mit pulsierenden bzw. wechselnden elektrischen Feldern die genannten Stirnseiten unter Druckbeanspruchung des piezoelektrischen Materials und unter elastischer Dehnung der Umspannung auseinanderstrebt und diese Stirnseiten nachfolgend unter Ausnutzung der in der Umspannung elastisch gespeicherten Energie wiederum unter Druckbeanspruchung des piezoelektrischen Körpers gegeneinander gerückt werden und in beiden Bewegungsrichtungen nach außen wirksame Arbeit geleistet werden kann.

Bei der Erfindung läßt sich in vorteilhafter Weise ausnutzen, daß die bei Arbeitshüben des piezoelektrischen Körpers ihren Abstand verändernden Stirnseiten zur Kraftübertragung auf Widerlager bzw. anzureibende Elemente mit stabilen Koppelementen bzw. Stirnplatten überdeckt sein sollten, die sich in konstruktiv einfacher Weise durch elastische Spannelemente verbinden lassen, um die gewünschte Druckbeanspruchung des piezoelektrischen Körpers ständig zu gewährleisten.

Gemäß einer ersten Ausführungsvorm der Erfindung können die Spannelemente als ein oder mehrere federnde Bügel ausgebildet sein, welche die vorgenannten Koppelemente bzw. Stirnplatten unter Druckbeanspruchung des piezoelektrischen Körpers gegeneinander zu drängen suchen.

Statt dessen ist es auch möglich, die Koppelemente bzw. Stirnplatten miteinander durch federnd ausgebildete Spannbänder zu verbinden.

Dabei können die Spannbänder aus Rund- oder Flachmaterial bestehen.

Schließlich besteht die Möglichkeit, die Koppelemente bzw. Stirnplatten über einen rohrartigen, nach Art einer Zugfeder ausgebildeten Balg miteinander zu verbinden, so daß die Umspannung des piezoelektrischen Körpers auch ein denselben schützendes Gehäuse bildet.

Die Spannelemente sind bevorzugt mit geringer Steifigkeit ausgebildet, derart daß sich ihre Spannkräfte bei pulsierenden Bewegungen des piezoelektrischen Körpers nur relativ wenig ändern, wobei insbesondere das Maß der Kraftänderung gering im Vergleich zur wirksamen Kraft sein soll.

## Zeichnungen

Im übrigen wird hinsichtlich bevorzugter Merkmale der Erfindung auf sowie die nachfolgende Erläuterung der Zeichnung verwiesen, anhand der besonders vorteilhafte 35 Merkmale und Ausführungsformen beschrieben werden. Dabei zeigt

**Fig. 1** eine teilweise geschnittene Darstellung einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Aktuators.

**Fig. 2** ein Schnittbild entsprechend der Schnittlinie II-II in **Fig. 1**.

**Fig. 3** ein der **Fig. 2** entsprechendes Schnittbild einer abgewandelten Ausführungsform.

**Fig. 4** ein Schnittbild einer weiteren abgewandelten Ausführungsform.

**Fig. 5** eine Darstellung einer Ausführungsform, bei der zwischen stirnseitig am Aktuator angeordneten Platten fe-

**Fig. 7** verschiedene Varianten für federnde Spannbänder,

**Fig. 8** ein Schnittbild einer Ausführungsform, bei der zwischen stirnseitigen Platten des Aktuators eine Federhülse angeordnet ist,

**Fig. 9** eine Gesamt darstellung eines Einspritzventiles,

**Fig. 10** ein Schnittbild einer weiteren Ausführungsform eines Aktuators und

**Fig. 11** eine vorteilhafte Variante für die Halterung eines als Umspannung des piezoelektrischen Körpers dienenden Federbandes.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Gemäß den **Fig. 1** und **2** besitzt ein piezoelektrischer Aktuator **1** einen piezoelektrischen Körper **2**, der beispielsweise aus einer Vielzahl von Schichten aus piezokeramischen Material bestehen kann, zwischen denen jeweils elektrisch leitende Schichten angeordnet sind, die abwechselnd mit einem elektrischen Anschluß **3** bzw. einem elektrischen Anschluß **4** elektrisch leitend verbunden sind, so daß der piezoelektrische Körper **2** bei Verbindung der Anschlüsse **3** und **4** mit einer nicht dargestellten pulsierenden elektrischen Spannungsquelle oder einer Wechselspannungsquelle in bekannter Weise zu pulsierenden Bewegungen angeregt wird, bei denen sich der Abstand der in **Fig. 1** oberen und unteren Stirnseiten des piezoelektrischen Körpers **2** ändert.

Die genannten Stirnseiten sind mit stabilen Platten **5** überdeckt, die im Beispiel der **Fig. 1** und **2** mit einer mittigen stirnseitigen Nut **6** versehen sind. Dabei ist die Nut **6** der in den **Fig. 1** und **2** oberen Platte **5** parallel zur Nut **6** in der unteren Platte **5** angeordnet. Die Nuten **6** dienen zur Aufnahme und Halterung eines als geschlossener Ring ausgebildeten Federbügels **7**, welcher den piezoelektrischen Körper **2** sowie die Platten **5** Rahmenartig umschließt und mit Querbereichen in den Nuten **6** aufgenommen ist. Der Federbügel **7** besitzt seitlich des piezoelektrischen Körpers **2** erstreckte elastische Abschnitte **7**, welche auf Zug vorgespannt sind und dementsprechend den piezoelektrischen Körper **2** zwischen den Platten **5** unter eine Druckvorspannung setzen. Zur Erzielung einer vorzüglichen Federsteifigkeit besitzen die Abschnitte **7** ein oder mehrere Sicken bzw. Wellenform, wobei die zwischen den Platten **5** wirksamen Zugkräfte die Sicken bzw. Wellen aufzubiegen suchen.

Die Ausführungsform nach **Fig. 3** unterscheidet sich von der vorangehend beschriebenen Ausführungsform unter anderem dadurch, daß am piezoelektrischen Körper **2** zwei voneinander separate Federbügel **8** angeordnet sind, und daß in stirnseitigen Platten **5** am piezoelektrischen Körper **2** jeweils eine Bohrung **9** vorgesehen ist, in die die Federbügel **8** mit abgewinkelten Enden eingesteckt sind.

Die Ausführungsform nach **Fig. 4** unterscheidet sich von der Ausführungsform der **Fig. 1** und **2** ebenfalls dadurch, daß zwei separate Bügel **10** vorgesehen sind. Diese Federbügel **10** besitzen wiederum in den Nuten **6** von Platten **5** aufgenommene Endbereiche, welche jedoch hakentförmig ausgebildet sind, wobei die hakentförmigen Enden jeweils in eine innerhalb der Nuten **6** ausgebildeten Vertiefung **11** eingreifen.

Bei allen vorangehend beschriebenen Ausführungsformen können die Federbügel **7**, **8** bzw. **10** aus einem Federstahl draht mit kreisförmigen Querschnitt bestehen.

Grundsätzlich sind jedoch auch andere Querschnitte und andere Federmaterialien denkbar.

Soweit zwei separate Bügel **8** bzw. **10** angeordnet und elektrisch gegeneinander isoliert sind, können diese Bügel auch als elektrische Anschlüsse angeordnet und mit entsprechenden Kontaktflächen am piezoelektrischen Körper **2**

den sein.

Bei der in den **Fig. 5** und **6** dargestellten Ausführungsform sind an den stirnseitigen Platten **5** jeweils seitliche Zapfen **12** angeordnet, welche zur Halterung von federnden Spannbändern **13** dienen.

Diese können gemäß **Fig. 6** nach Art einer um die Zapfen **12** der Platten **5** umlaufenden Schlaufe ausgebildet sein und im Bereich zwischen den Zapfen **12** eine wellenförmige Form aufweisen, wobei die zwischen den Zapfen **12** wirksamen Spannkräfte die genannten Wellen aufzubiegen suchen. Im Bereich der Zapfen **12** können die Spannbänder **13** eine vergleichsweise große Breite besitzen, während die gewellten Bereiche der Spannbänder **13** schmäler sind.

Durch die zwischen den Zapfen **12** wirksamen Zugkräfte der Spannbänder **13** wird der piezoelektrische Körper **12** wiederum unter einer ständig wirksame Druckvorspannung gesetzt.

Die **Fig. 7** zeigt abgewandelte Ausführungsformen der Spannbänder **13**. Gemäß Abbildung A kann jedes Spannband **13** an seinen Enden mit einem Auge **14** versehen sein, welches sich jeweils auf einen der Zapfen **12** aufschieben läßt. Nach den Bildern B und C können die Zapfen **12** jeweils einen Axialschlitz aufweisen, welcher jeweils ein Ende eines um den jeweiligen Zapfen **12** herumgelegten Endbereiches eines Spannbandes **13** aufnimmt.

Im Beispiel des Bildes B besitzt das Spannband **13** im Bereich des Zapfens **12** einen S-förmigen Bereich **13'**, welcher aufgrund seiner Form federnd ist, d. h. starke Zugkräfte suchen diesen Bereich **13'** glattzuziehen.

Bei der Ausführungsform nach **Fig. 8** ist der piezoelektrische Körper **2** an seinem einen Stirnende mit einer stirnseitig konkaven Platte **15** und an seinem anderen Ende mit einer Platte **16** versehen, die auf ihrer vom Körper **2** abgewandten Seite einen stößelartigen Fortsatz **17** aufweist. Der Rand der Platte **16** wird von einem Ringflansch **18** aufgenommen, welcher mit einem ringförmigen Boden **19** einer Federhülse **20** verbunden ist, deren anderes Ende an einem Boden **21** gehalten ist, der mit einer innenseitigen Konvexität in die Konvexität auf der zugewandten Seite der Platte **15** eingreift. Die Federhülse **20** steht unter einer größeren Zugspannung, derart, daß die Böden **19** und **21** den piezoelektrischen Körper **2** einer entsprechenden Druckvorspannung aussetzen.

Die Federhülse **20** besitzt in ihrem in **Fig. 8** oberen Bereich eine im wesentlichen zylindrische Form, während der untere Bereich halbartig gewellt ist, wobei die Wellen vorzugsweise jeweils halbkreisförmige Bögen bilden, wie es in **Fig. 8** dargestellt ist.

Die Wandstärke der Hülse, welche vorzugsweise aus Federstahl besteht, kann zwischen 0,1 bis 0,6 mm, vorzugsweise bei etwa 0,3 mm liegen. Die maximale Zugspannung sollte im gewellten Bereich 800 bis 900 N/mm nicht überschreiten. Aufgrund der mehrfach angeordneten Wellen kann die Gesamtzugspannung der Federhülse **20** bei etwa 500 bis 1500 N liegen. Bei einem Querschnitt des piezoelektrischen Körpers von größtenteils  $1 \text{ cm}^2$  ergibt sich dann eine Druckvorspannung von ca. 500 bis 2000 N/cm<sup>2</sup>.

Auf dem Boden **21** ist eine Trägerplatte **22** angeordnet, die ihrerseits in einem napfförmigen Deckel **23** aufgenommen ist. Der Boden **21**, die Trägerplatte **22** und der Deckel **23** besitzen miteinander fluchtende Öffnungen, durch die die Anschlüsse **3** und **4** hindurchgeführt sind, wobei in den genannten Öffnungen propfenartige Verschlußstücke **25** angeordnet sind, welche gegebenenfalls durch Vergußmaterial gebildet sein können. Die Verschlußstücke **25** tragen Anschlußkontakte **26**, über die der piezoelektrische Körper **2**

Der Deckel 23 ist mit einem die Federhülse 20 mit radialem Abstand ummantelnden Zylinder 27 verbunden, dessen unteres Ende mit einem Innengewinde versehen ist, um den Zylinder im weiter unten dargestellter Weise auf das Gehäuse eines Einspritzventiles aufzuschrauben zu können.

Gemäß Fig. 9 ist an einem mehrteiligen Gehäuse 28 des dargestellten Einspritzventilaggregates eine durch eine Nadel 29 gesteuerte Einspritzdüse 30 angeordnet, der über eine die Nadel 29 aufnehmende Gehäusebohrung 31 Kraftstoff unter höherem Druck zuführbar ist. Die Gehäusebohrung 31 erweitert sich nach oben in einen zylindrischen Arbeitsraum 32 für einen mit der Nadel 29 fest verbundenen, plungerartigen Stößel 33, der innerhalb des Arbeitsraumes 32 hubbeweglich aufgenommen ist. Der in Fig. 9 untere, erweiterte Endbereich des Arbeitsraumes 32 kommuniziert über eine in Fig. 9 nicht sichtbare Gehäusebohrung mit einer Querbohrung 34, die über ein Spaltfilter 35 mit einer nicht dargestellten Kraftstoffzuführleitung verbunden ist. Die Querbohrung 34 mündet in einen Ringraum 36, der über eine Eingangsdrössel 37 mit dem in Fig. 9 oberen Endbereich des Arbeitsraumes 32 kommuniziert. Im übrigen schließt sich an den oberen Endbereich des Arbeitsraumes 32 eine mit einer Ausgangsdrössel 38 versehene, zum Arbeitsraum 32 gleichachsige Bohrung 39 an. Die Bohrung 39 mündet in eine anschließende, gleichachsige Bohrung 40, die mit einem Entlastungsraum 41 sowie einer Ausgleichsbohrung 42 verbunden ist, die parallel zur Bohrung 40 angeordnet ist und deren Enden miteinander verbindet. In der Bohrung 40 ist ein Steuerventil 43 angeordnet, welches die zugewandte Mündung der Bohrung 39 und damit die Verbindung der Bohrung 39 mit dem Entlastungsraum 41 steuert. Das Steuerventil 43 wird mittels eines in der Bohrung 40 angeordneten Stößels 44 betätigt, der seinerseits mittels des piezoelektrischen Aktuators I betätigkt wird. Der Aktuator I ist in dem Zylinder 27 untergebracht, dessen Innenraum durch eine zwischen dem anschließenden Gehäuseteil 45 und dem Zylinder 24 gehaltene Membran 46 gegen Eintritt von Kraftstoff abgedichtet sein kann.

Die dargestellte Anordnung funktioniert wie folgt: Wenn der Aktuator I mit einer elektrischen Spannung oder einer pulsierenden elektrischen Spannung beaufschlagt wird, führt der piezoelektrische Körper 2 pulsierende Bewegungen aus, die über den stößelartigen Fortsatz 17, welcher am piezoelektrischen Körper 2 bzw. an der daran angeordneten störseitigen Platte 5 angeordnet ist, auf den Stößel 44 übertragen werden, so daß derselbe das Steuerventil 43 öffnet bzw. schließt. Bei geschlossenem Steuerventil 43 beaufschlagt der Druck des über die Querbohrung 34 zugeführten Kraftstoffs beide Enden des plungerartigen Stößels 33. Da das untere Ende gegenüber dem oberen Ende einen um den Querschnitt der Nadel 29 vermindernden Querschnitt besitzt, wird der Stößel 33 vom Kraftstoffdruck in Abwärtsrichtung gedrückt, so daß die Nadel 29 die Einspritzdüse 30 schließt. Sobald das Steuerventil 43 öffnet, fällt der Druck am oberen Ende des Stößels 33 ab, wobei der Druckabfall durch das Verhältnis der Drosselwiderstände der Eingangsdrössel 37 sowie der Ausgangsdrössel 38 bestimmt wird. Im Ergebnis kann damit der auf das untere Ende des Stößels 33 wirkende Druck des Kraftstoffs den Stößel 33 anheben, wobei die Nadel 29 die Einspritzdüse 30 öffnet.

Die in Fig. 10 dargestellte Ausführungsform unterscheidet sich von der Ausführungsform der Fig. 8 vor allem dadurch, daß anstelle der Federhülse 20 der Fig. 8 ein gewelltes Federband 48 angeordnet ist, welches um die vom piezoelektrischen Körper 2 abgewandte Seite des Ringflansches 18 herumgeführt ist und dort eine Öffnung für den Fortsatz 17 der Platte 16 aufweist.

nen nippelartigen Aufhänger 49 hart eingelötet (Cu-Lötung), welcher auf einem scheibenförmigen Abstütz- und Ausgleichselement 50 gelagert ist, das seinerseits auf einer Stirnplatte 51 des piezoelektrischen Körpers 2 aufliegt. So-wohl im Abstütz- bzw. Ausgleichselement 50 als auch in der Stirnplatte 51 sind zur Seite offene Schlitze zur Durchführung des Federbandes 48 angeordnet.

Anstelle der mit dem Federband 48 fest verbundenen Aufhänger 49 können gemäß dem Bild A der Fig. 11 am Federband 48 auch ankerförmige Endteile 52 einstufig angeformt sein. Diese sind im Beispiel der Fig. 11 als im wesentlichen quadratische Lappen mit einer zentralen Öffnung zum Eingriff eines Werkzeuges ausgebildet. Dabei ist jedes Endteil 52 bzw. der dasselbe bildende Lappen so bemessen, daß er den in der Stirnplatte 51 bzw. im zugeordneten Abstütz- bzw. Ausgleichselement 50 angeordneten, vom Federband 48 durchsetzten Schlitz in dessen Querrichtung zu überbrücken vermag und mit Eckbereichen 52' beidseitig des genannten Schlitzes auf einer Stirnseite des Abstütz- bzw. Ausgleichselementes 50 oder der Stirnplatte 51 abgestützt wird.

Die Übergänge zwischen den Eckbereichen 52' und dem den Schlitz durchsetzenden relativ schmalen Teil des Federbandes 48 sind als U-förmige oder (vorzugsweise) als schlüssellochförmige Aussparung ausgebildet, derart, daß die Eckbereiche 52' gegen die zugewandte Stirnseite des Abstütz- bzw. Ausgleichselementes 50 bzw. der Stirnplatte 51 gerichtete kurze Fortsätze des Endteiles 52 bilden und eine Rißbildung an den Übergängen vermieden wird.

Gemäß dem Bild B, welches eine erste Variante einer Seitenansicht des Endteiles 52 entsprechend dem Pfeil P im Bild A der Fig. 11 zeigt, können die Eckbereiche 52' im wesentlichen eben ausgebildet und etwa gleicher Ebene wie das übrigen Endteil 52 angeordnet sein.

Statt dessen ist es auch möglich und vorteilhaft, entsprechend dem Bild C der Fig. 11 die Enden der Eckbereiche 52' gegenüber der Ebene des Endteiles 52 abzuwinkeln, derart, daß jeweils ein abgewinkelter Teil des Eckbereiches 52' auf der zugewandten Stirnseite des Abstütz- bzw. Ausgleichselementes 50 flächig aufliegt.

#### Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Aktuator, geeignet zur Betätigung von Steuerventilen oder von Einspritzventilen an Verbrennungsmotoren in Kraftfahrzeugen mit einem piezoelektrischen Körper, insbesondere in Form eines vielschichtigen Laminates mit aufeinander geschichteten Lagen aus piezoelektrischem bzw. piezokeramischem Material und zwischengeschalteten metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden dienenden Schichten, wobei der Körper bei pulsierender elektrischer Beaufschlagung seiner Elektroden analog pulsierende Hube unter Änderung des Abstandes zwischen zwei voneinander abgewandten Stirnseiten des Körpers ausführt, dadurch gekennzeichnet, daß der piezoelektrische Körper (2) eine die Stirnflächen unter Druckvorspannung des piezoelektrischen Körpers (2) gegeneinander verspannende elastische Umspannung (7, 8, 10, 13) aufweist.

2. Aktuator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Stirnseiten des piezoelektrischen Körpers (2) stabile Platten (5, 15, 16) angeordnet sind, die durch zwischen ihnen wirksame Spannelemente (7, 8, 10, 13, 20) unter Druckvorspannung des piezoelektrischen Körpers (2) gegeneinander gespannt sind.

3. Aktuator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeich-

bügels (7, 8, 10), welcher die Platten sowie den piezoelektrischen Körper (2) von außen um- bzw. übergreift, gegeneinander gespannt sind.

4. Aktuator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwei voneinander separate Federbügel (8, 10) 5 angeordnet sind, die jeweils im wesentlich C-förmig ausgebildet sind und mit ihren Enden die Platten (5) übergreifen.

5. Aktuator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Federbügel (7) als ringförmig geschlossenes Teil 10 ausgebildet ist.

6. Aktuator nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß seitlich des piezoelektrischen Körpers (2) erstreckte Bereiche des Federbügels bzw. der Federbügel (7, 8, 10) Wellenform bzw. ein 15 oder mehrere Sicken aufweisen.

7. Aktuator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Platten (5) Feder- bzw. Spannbänder (13) angeordnet sind.

8. Aktuator nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Halterung der Feder- bzw. Spannbänder (13) an den Platten (5) seitliche Zapfen (12) angeordnet sind.

9. Aktuator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Feder- bzw. Spannbänder (13) um die Zapfen (12) herumgeführte Schlaufen bilden.

10. Aktuator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Feder- bzw. Spannbänder (13) an den Zapfen (12) mittels an den Spannbändern angeordneter Augen (14) gehalten sind.

11. Aktuator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Feder- bzw. Spannbänder (13) mit einem Endbereich um einen zugeordneten Zapfen (12) herumgeschlagen und dem freien Ende in einen am Zapfen ausgebildeten Axialschlitz eingesteckt sind.

12. Aktuator nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Feder- bzw. Spannbänder (13) zwischen den Zapfen (12) Wellenform bzw. ein oder mehrere Sicken aufweisen.

13. Aktuator nach einer Ansprüche 1, 2 und 7, dadurch 40 gekennzeichnet, daß ein Spann- bzw. Federband (48) um eine Stirnseite bzw. eine stirnseitige Platte (16, 18) des piezoelektrischen Körpers (2) herumgeführt und mit an seinen Enden befestigten Auhängern (49) oder einstückig angeformten Endteilen (52) an Ausnehmungen bzw. Schlitten einer an der anderen Stirnseite des piezoelektrischen Körpers (2) angeordneten Platte (51) eingehängt ist.

14. Aktuator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der piezoelektrische Körper (2) in 50 einer Federhülse (20) angeordnet ist, die zwei an ihren Enden angeordnete Böden (19, 21) unter Druckbeanspruchung des piezoelektrischen Körpers gegen dessen zugewandte Stirnseiten spannt.

15. Aktuator nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, 55 daß die Federhülse (20) den piezoelektrischen Körper (2) schmutz- und flüssigkeitsdicht umschließt.

16. Aktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die den piezoelektrischen Körper (2) beanspruchende Druckvorspannung bei 60 500 bis 2000 N/cm<sup>2</sup> liegt.

17. Aktuator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Federbügel (8, 10) elektrisch gegeneinander isoliert und als Anschlüsse für die Elektroden angeordnet sind.

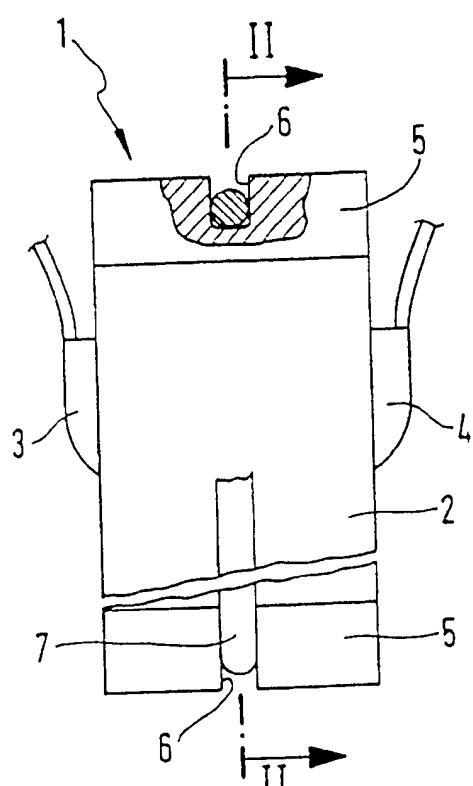


Fig. 1

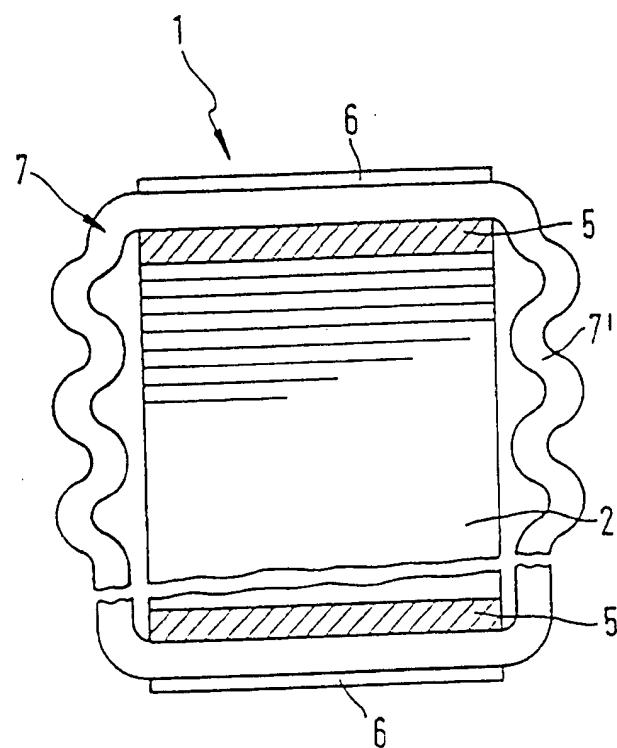


Fig. 2

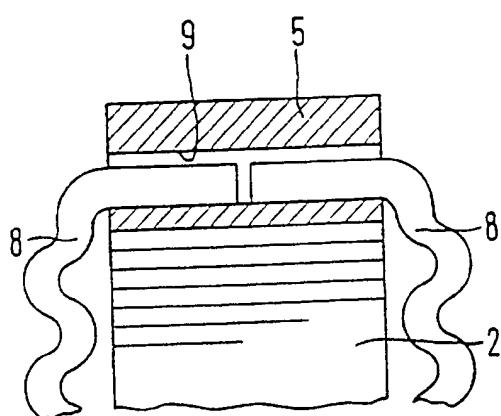


Fig. 3

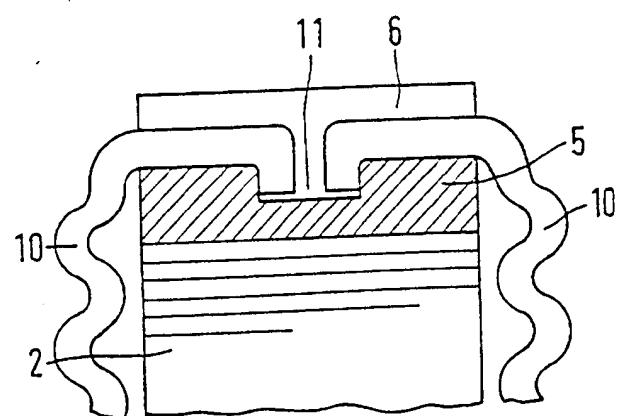


Fig. 4

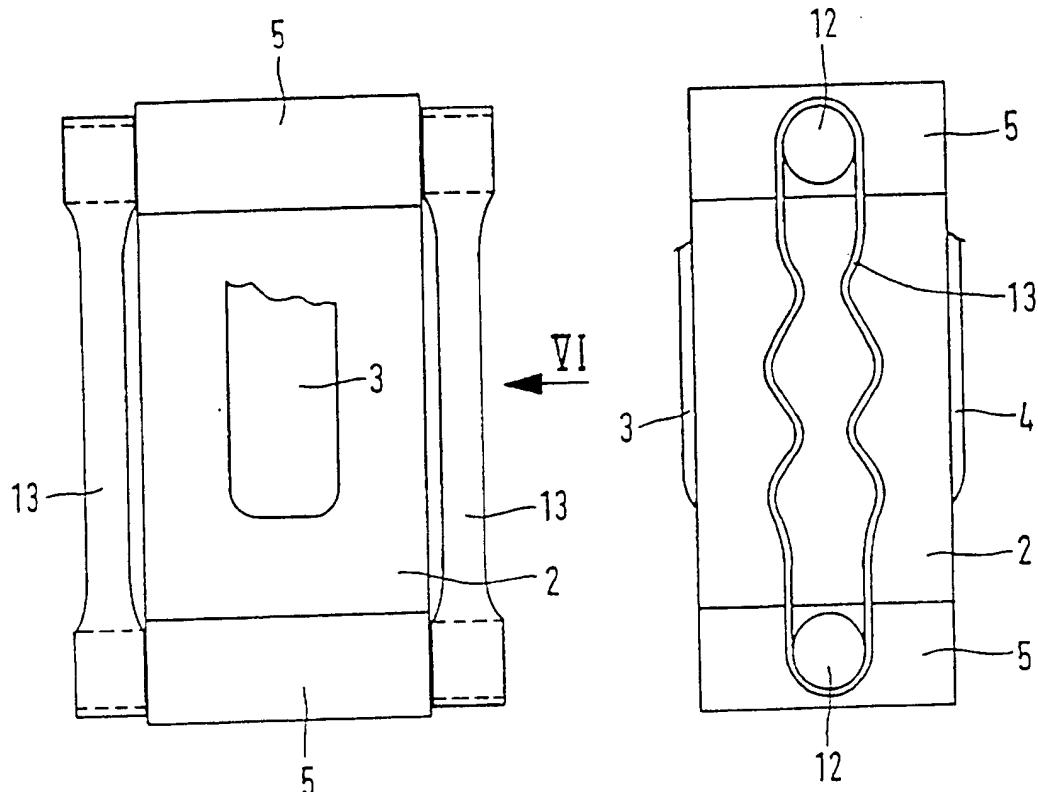


Fig. 5

Fig. 6

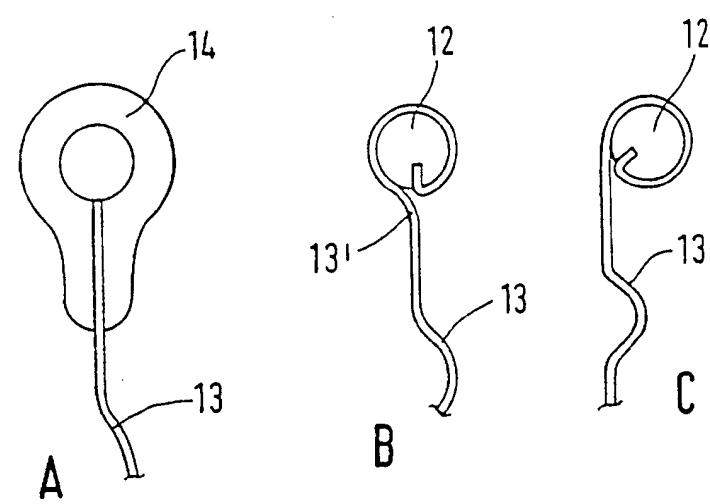


Fig. 7

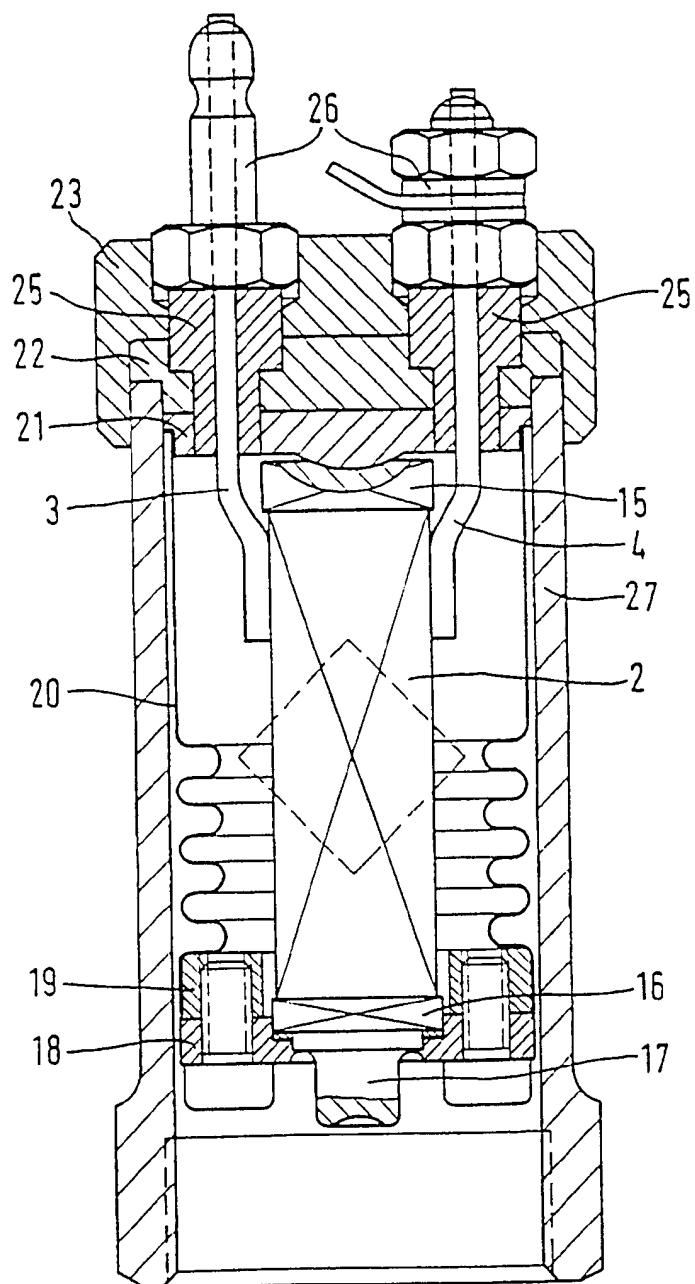
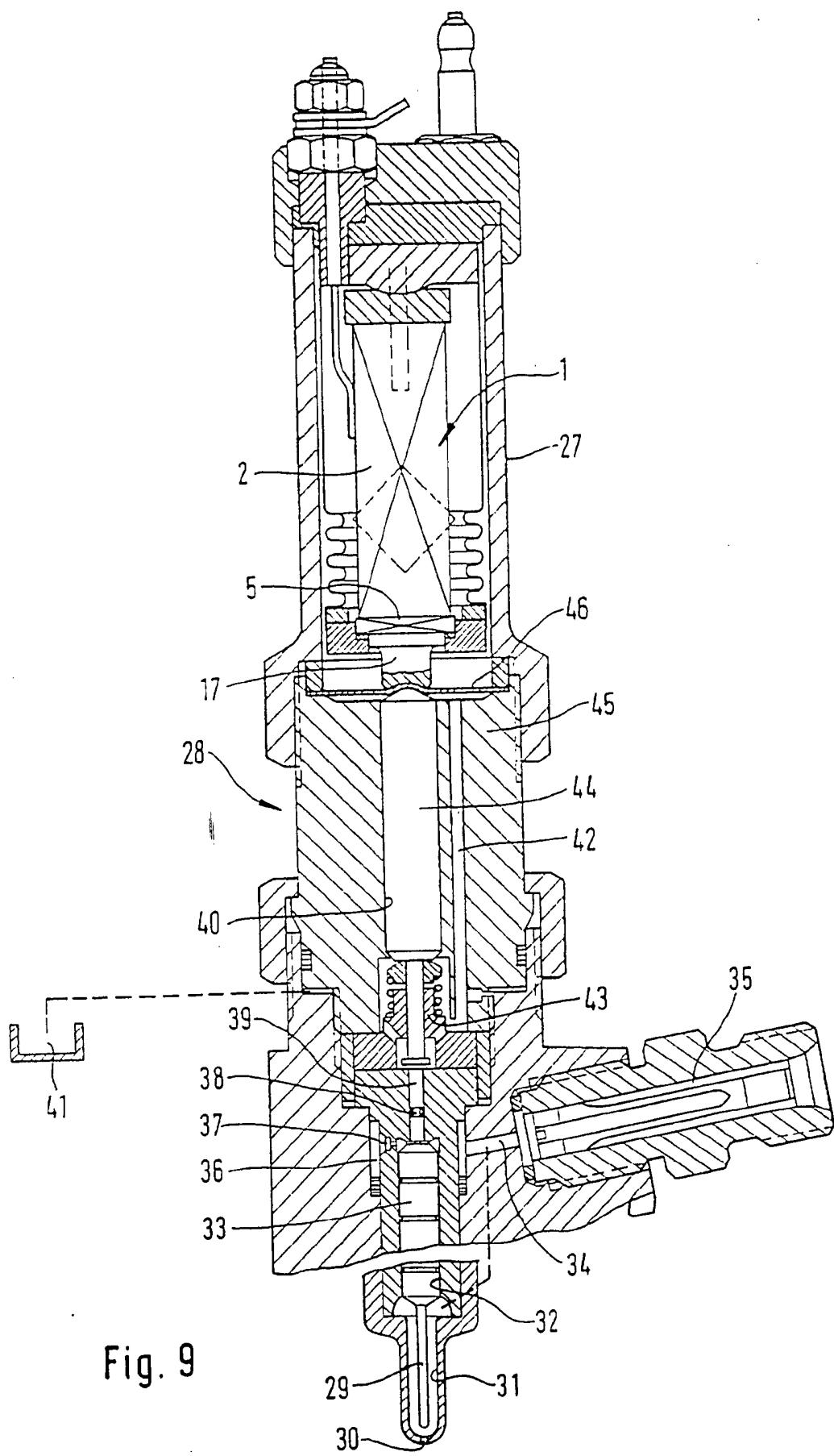


Fig. 8



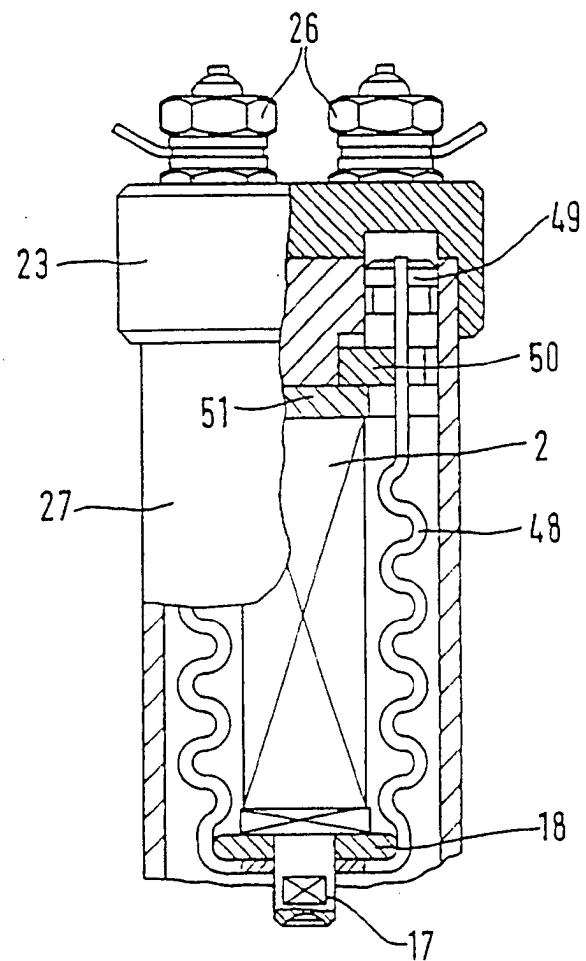


Fig. 10

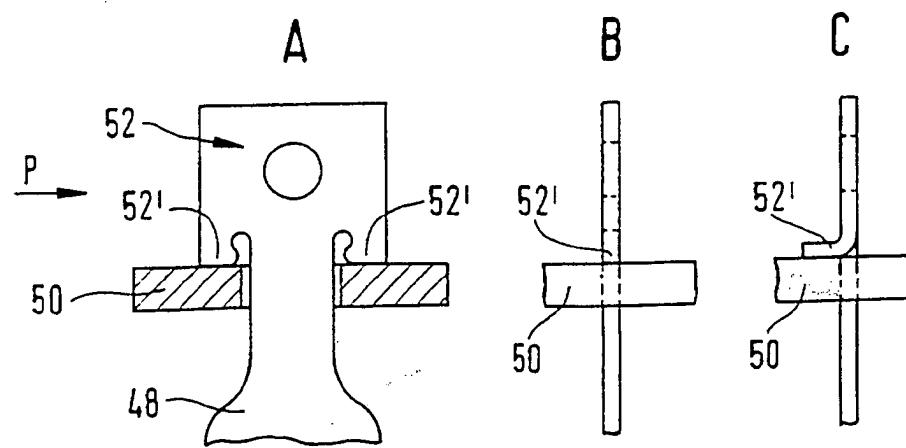


Fig. 11